

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRO REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

MORFOMETRIA DAS ENCOSTAS E PROCESSOS DE
VOÇOROCAMENTO NA BACIA COLÔNIA ANTÔNIO ALEIXO-
MANAUS/AM

Bolsista: Adriana de Souza Farias, CNPq

MANAUS

2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRO REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

Bolsista: Adriana de Souza Farias, CNPq

Orientador: Prof. Dr. Antonio Fábio Guimarães Vieira.

RELATÓRIO FINAL

PIB-E/0012/2009

**MORFOMETRIA DAS ENCOSTAS E PROCESSOS DE
VOÇOROCAMENTO NA BACIA COLÔNIA ANTÔNIO ALEIXO-
MANAUS/AM**

**MANAUS
2010**

MORFOMETRIA DAS ENCOSTAS E PROCESSOS DE VOÇOROCAMENTO NA BACIA COLÔNIA ANTÔNIO ALEIXO- MANAUS/AM

RESUMO

O trabalho parte da análise de dados obtidos em 2006 (VIEIRA, 2008) no qual das 91 voçorocas cadastradas em Manaus/AM, 58 estavam na Zona Leste e 50 na bacia Colônia Antonio Aleixo. A área de estudo está localizada na Bacia Colônia Antônio Aleixo, que abrange o bairro de mesmo nome, parte dos bairros Distrito Industrial II, Puraquequara, São José do Operário, Jorge Teixeira. Tancredo Neves. Tomando como base a área do Distrito Industrial II, onde estão localizadas a maior parte das incisões, possui valor equivalente há R\$ 79,00/m² para o respectivo bairro, estipulado pela Prefeitura de Manaus no ano de 2009. O trabalho buscou analisar a relação entre a morfometria da encosta e o surgimento e expansão de voçorocas na bacia da Colônia Antônio Aleixo, além de caracterizar os principais parâmetros morfométricos das encostas nesta bacia; descrever as voçorocas ali existentes; correlacionar os dados morfométricos das encostas e voçorocas; monitorar a expansão das voçorocas. Os procedimentos adotados para a declividade média de cada encosta com ocorrência de voçorocas foi determinada diretamente em campo com o uso da Bússola de Bruton, auxiliada pelas cartas de escala 1:10.000 (IMPLURB, 2006) ao passo que a forma e o comprimento foram verificados em laboratório com a utilização do software ArcGis 9.3 (2008), obedecendo para isso à classificação de forma de encosta descrita por Ruhe (1975). Os resultados apontam que a maioria das voçorocas é do tipo conectada, prevalecendo à forma retangular. As encostas onde ocorrem essas incisões apresentam declividade média de 35° predominando a forma do tipo convexa, 5 das 9 voçorocas ocorrem em declividade superior a 30°. A área de maior abrangência das incisões diz respeito à voçoroca 9 que corresponde a um total de 5.529,00 m², e média geral de 2.359,76 m². O maior dano da área refere-se também à voçoroca 9, com R\$ 436.791,00 e danos médios de R\$ 186.421,64. Sendo o dano total de danos por área R\$ 1.677.794,89. Comparado com os valores das voçorocas cadastradas em 2006 verificou-se um aumento de quase 36,21 %, de R\$ 1.231.746,85 para R\$ 1.677.794,89 em 2010. Em relação ao total de volume atribuído a cada voçoroca, ou seja, a perda deste volume, devido ao processo erosivo pode-se afirmar que o menor volume corresponde à 6.513,60 m³, atribuído a voçoroca 5. Por outro lado, a voçoroca 9 apresenta o maior volume erodido equivalente à 126.061,20 m³, sendo o volume

médio geral de 48.200,49 m³. Os dados obtidos por meio das correlações de variáveis indicam que existe uma forte relação entre o comprimento da voçoroca e volume erodido, comprimento e largura (voçoroca), comprimento e área (voçoroca), observando que à medida que um desses fatores aumenta/diminui interfere diretamente no outro. As correlações realizadas entre os dados das encostas e voçorocas apresentaram baixa correlação, indicando, portanto pouca ou nenhuma relação das voçorocas com os parâmetros morfométricos das encostas (declividade, comprimento da encosta, forma de encosta).

PALAVRAS-CHAVE: voçorocas, encostas, bacia Colônia Antônio Aleixo.

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO.....	6
2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
2.1 Morfometria de Encosta.....	7
2.2 Processos de Voçorocamento.....	7
3. METODOS UTILIZADOS.....	9
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	10
4.1 Análise comparativa morfométrica das voçorocas na bacia Colônia Antônio Aleixo.	11
4.2 Análise comparativa da declividade e orientação de expansão das voçorocas.....	11
4.3 Área e volume erodidos.....	12
4.4 Aumento das incisões e correlação das variáveis.....	13
5. CONCLUSÃO.....	15
6. REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICA.....	16

1. INTRODUÇÃO

O surgimento de feições erosivas do tipo voçorocas depende das variações das taxas de erosão, as quais estão ligadas à ação de fatores controladores, como os processos hidrológicos, as propriedades físicas dos solos, a erosividade, as características da encosta, a cobertura vegetal (GUERRA, 2008) e a intervenção antrópica (VIEIRA, 2008; MOLINARI, 2007). Em Manaus um dos principais fatores naturais ligados ao desenvolvimento de voçorocas refere-se às encostas, com destaque para aquelas que apresentam as maiores declividades (VIEIRA, 2008).

Nas encostas com acentuado grau de declividade, a água tem menos tempo de infiltrar, assim como os obstáculos e as resistências ao escoamento da água são menores, possibilitando o escoamento superficial (BIGARELLA e MAZUCHOWSKI, 1985). A FAO (1967) aponta como principais conseqüências da inclinação de terrenos a maior velocidade de fluxos de água concentrados e a maior quantidade de partículas do terreno arrancadas de seu lugar e transportadas para perto ou longe de seu ponto de origem. Outro aspecto ligado a influência das encostas nos processos erosivos diz respeito ao comprimento (FAO,1967; SCHULTZ, 1983; CUNHA et al., 1991), parâmetro este que deve ser analisado em conjunto com outros aspectos, tais como declividade, formas da encosta e propriedades do solo (GUERRA, 2008).

A forma da encosta representa também um importante papel na erodibilidade dos solos. Morgan (1986) destaca a importância das cristas longas, com encostas curtas convexas, como sendo características morfológicas que propiciam a erosão dos solos. Encostas, topos ou cristas e fundos de vale, canais, corpos de água subterrânea, sistemas de drenagem urbanos e áreas irrigadas, entre outras unidades espaciais, estão interligadas como componentes de bacias de drenagem (COELHO NETTO, 2008).

Pelo exposto, o trabalho teve por objetivo analisar a relação entre a morfometria da encosta e o surgimento e expansão de voçorocas na bacia da Colônia Antônio Aleixo em Manaus (AM), além de caracterizar os principais parâmetros morfométricos das encostas da bacia da Colônia Antônio Aleixo; descrever as voçorocas existentes na área da bacia; correlacionar os dados morfométricos das encostas e voçorocas; monitorar a expansão das voçorocas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Morfometria de Encosta

As encostas, como parte integrante de uma bacia, podem ser entendidas como espaços físicos situados entre os fundos de vales e os topos ou cristas da superfície crustal os quais definem as amplitudes do relevo e seus gradientes topográficos (COELHO NETTO, 2008). Um dos principais fatores que afetam as encostas é a erodibilidade dos solos, caracterizada como a resistência do solo em ser removido ou transportado (GUERRA, 2008). As propriedades do solo em termos de erosão na encosta manifestam-se de diferentes maneiras: por meio da declividade, do comprimento e da forma da encosta (GUERRA, 2008).

O comprimento da encosta é aceito como parâmetro que afeta a erosão do solo. Assim como constata vários trabalhos os quais apontam que o *runoff* (escoamento superficial) aumenta em velocidade e quantidade, cada vez que o comprimento das encostas aumenta. A forma da encosta representa importante papel na erodibilidade dos solos (GUERRA, 2008). Encostas convexas com topo plano podem armazenar água que, se liberada em fluxos concentrados, pode dar origem a ravinas e até mesmo voçorocas (GUERRA, 2008).

Os vários processos que se verificam nas encostas, tais como escoamento, meteorização, movimentos de regolito, infiltração e eluviação, fazem com quem haja o fluxo de matéria e energia através do sistema, que acaba sendo transferido para o sistema fluvial. As encostas podem ainda chegar à estabilidade, considerando que a forma permanecerá imutável com o decorrer do tempo, embora haja desgaste ou diminuição altimétrica do relevo (CHRISTOFOLETTI, 1981).

2.2 Processos de Voçorocamento

No que se refere a voçoroca, o conceito adotado neste trabalho a caracteriza como incisão erosiva que apresenta queda em bloco das camadas do solo, paredes verticais e fundo plano, formando secção transversal em **U** e profundidade superior a 1,5 m (VIEIRA, 2010). As voçorocas podem ser agrupadas ainda pelo tipo (OLIVEIRA, 1989) em: conectadas, desconectadas e integradas (**Fig.1**). Podem ser classificadas também pela forma (**Fig.2**), como sendo: linear, bifurcada, ramificada, irregular e retangular (VIEIRA e ALBUQUERQUE, 2004). Vale destacar que algumas incisões mudam consideravelmente de forma (geometria) e essas mudanças e/ou formas estão relacionadas a mecanismos e características do local de ocorrência (tipo de solo, principalmente). Uma terceira forma de classificação refere-se ao tamanho da incisão,

o que constitui no volume erodido, ou seja, a relação entre comprimento, largura e profundidade (**QUADRO 1**).

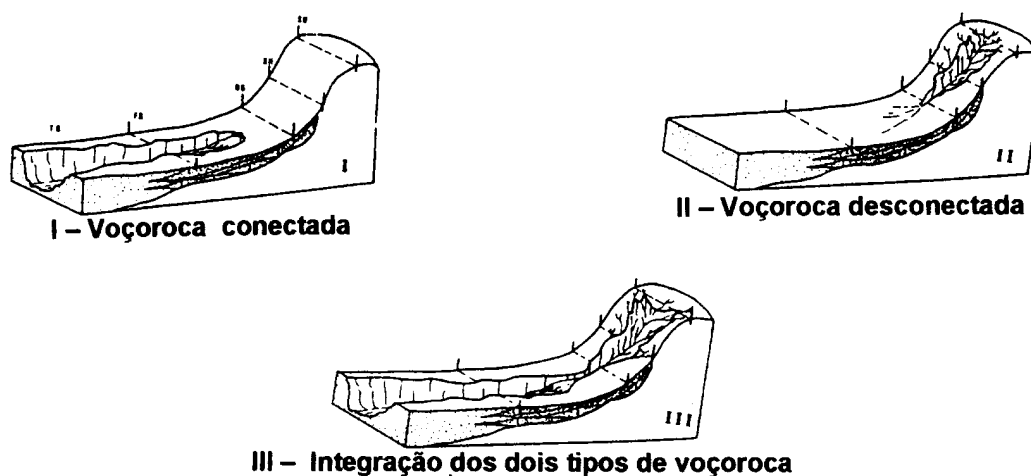


Fig.1 – Tipos de voçorocas (OLIVEIRA, 1989).

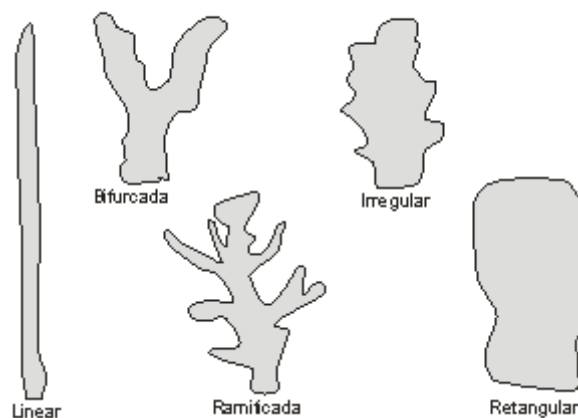


Fig.2 - Formas de voçorocas (VIEIRA, 2008).

QUADRO 1 – Classificação das voçorocas por tamanho (m³).

Ord.	Volume erodido	Tamanho
01	até 999 m ³	Muito pequena
02	de 1.000 m ³ até 9.999 m ³	Pequena
03	entre 10.000 e 19.999 m ³	Média
04	entre 20.000 e 40.000 m ³	Grande
05	mais de 40.000 m ³	muito grande

Fonte: Vieira e Albuquerque (2004).

3. METÓDOS UTILIZADOS

A área está localizada na Bacia Colônia Antônio Aleixo, que abrange o bairro de mesmo nome, parte dos bairros Distrito Industrial II, Puraquequara, São José do Operário, Jorge Teixeira. Tancredo Neves mesmo que em parcelas menores. A litologia da cidade de Manaus é constituída predominantemente pela Formação Alter do Chão e está inserida no Planalto da Amazônia Oriental (ROSS, 2000); localmente a altimetria desse relevo não ultrapassa os 120 metros e é classificado como interflúvia tabular, cortado por uma rede de canais (VIEIRA, 2008). Em Manaus, a temperatura média compensada anual na área urbana fica em 26,7° C, com média das máximas em 31,5° C e médias das mínimas em 23,2° C (AGUIAR, 1995). Nesta, são evidenciadas duas principais classes de solo: os *Latossolos* e os *Espodossolos*. O primeiro, com variações de cor amarela a vermelho-amarela possui maior representatividade em Manaus (VIEIRA, 2008).

Paralelamente a fundamentação teórica, foi feita a caracterização da morfometria das encostas com ocorrência de voçorocas. A declividade média de cada encosta com ocorrência de voçorocas foi determinada diretamente em campo com o uso da Bússola de Bruton, auxiliada pelas cartas de escala 1:10.000 (IMPLURB, 2006) ao passo que a forma e o comprimento foram verificados em laboratório com a utilização do software ArcGis 9.3 (2008), obedecendo para isso à classificação de forma de encosta descrita por Ruhe (1975).

Foi aplicado o método da **Correlação Linear Simples** para os dados métricos das voçorocas (comprimento, largura e profundidade) assim como em relação ao comprimento e declividade da encosta. Ao final, gráficos e tabelas foram gerados para melhor representar os resultados obtidos, assim como mapas com a localização das voçorocas e algumas características do relevo como altimetria e declividade, além de realizar os cálculos da área total (comprimento x largura) e volume total (área total x profundidade).

4.RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Análise morfométrica das voçorocas na bacia Colônia Antônio Aleixo.

Os dados morfométricos configuram-se em três momentos de coletas, o primeiro em 2006 (VIEIRA, 2008) (**ANEXO 1**) o segundo em 2009 (**ANEXO 2**) e o terceiro realizado em 2010 (**QUADRO 2**). Na área da bacia Colônia Antônio Aleixo foram localizadas 50 voçorocas (VIEIRA, 2008) o que representa mais de 86% do total existente na Zona Leste (onde a bacia está inserida) que é de 58 incisões. Desse total da bacia, foram escolhidas apenas 9 para um monitoramento de maior detalhe (**ANEXO 3**).

QUADRO 02 – Morfometria das voçorocas em 2010 e forma da encosta.

Voc.	Tipo da Voc.	Forma da Voc.	Forma da encosta	Comp.(m)	Larg.(m)	Prof.(m)
1	Conectada	Retangular	Convexa/Convexa	82,0	36,7	16,5
2	Conectada	Retangular	Talude	45,4	19,9	20,7
3	Conectada	Retangular	Talude	82,0	38,0	17,0
4	Conectada	Retangular	Côncava/Convexa	46,8	26,0	16,0
5	Integrada	Retangular	Convexa/Convexa	30,0	18,4	11,8
6	Conectada	Bifurcada	Convexa/Convexa	44,3	37,5	11,3
7	Integrada	Retangular	Convexa/Côncava	60,0	43,5	30,0
8	Integrada	Bifurcada	Convexa/Côncava	40,0	66,0	24,0
9	Integrada	Retangular	Convexa/Convexa	114	48,5	22,8

No ano 2006 (**ANEXO 1**) verificou-se que o tipo e a forma de voçoroca predominantes eram respectivamente a conectada e a retangular. Em relação a forma da encosta em que as voçoroca se desenvolviam predominava a convexa/convexa. Os maiores valores relativos ao comprimento, largura e profundidade das voçorocas monitoradas são: 80 m; 43,9 m; 30,8 m respectivamente.

Em 2009 (**ANEXO 2**), os tipos de voçorocas dominantes foram: 5 conectadas e 4 integradas. Isso significa, que duas passaram do tipo conectada para integrada e uma desconectada tornou-se conectada. As formas das voçorocas também são representadas em sua maioria pelo padrão retangular, apresentando somente 2 da forma bifurcada de um total de 9 voçorocas. Nesse aspecto, a única ramificada em 2006, tornou-se bifurcada e uma retangular foi reativada e assumiu a forma bifurcada.

No último monitoramento realizado em 2010 (**QUADRO 2**) à forma de encosta das voçorocas 1, 5, 6 e 9 é do tipo convexa-convexa; as que correspondem ao número 2 e 3 estão em taludes, estando a 3 totalmente descaracterizada, observando, inclusive, vestígios de antigas construções. Algumas voçorocas nesse período (2006 a 2010) mudaram de forma, como é o caso das incisões 6 e 8 que em 2006 apresentavam respectivamente a forma ramificada e retangular e passaram em 2010 a ter ambas a forma bifurcada.

4.2. Análise comparativa da declividade e orientação de expansão das voçorocas.

A maior declividade obtida foi de 44° na encosta onde se desenvolve a voçoroca 4 (**QUADRO 3**). É importante observar que na parte inferior da voçoroca, devido ao depósito de material pode ocorrer a gradativa diminuição da declividade, assim como na parte superior à medida que a incisão alcança o platô. Tais características explicam algumas mudanças na declividade obtidas anteriormente e comparadas com as atuais.

QUADRO 3 - Análise comparativa da declividade e orientação das Voçorocas.

Voc.	Declividade 2010	Orientação 2006	Orientação 2009	Orientação 2010
1	40°	NO – SE	NO – SE	NO – SE
2	34°	NO – SE	NO – SE	SO – NE
3	14°	E – O	E – O	E – O
4	44°	NO – SE	NO – SE	NO – SE
5	39°	NO – SE	ONO – ESE	ONO – ESSE
6	26°	SO – NE	OSO – ENE	OSO – ENE
7	40°	SSE – NNO	S – N	S – N
8	35°	SSE – NNO	S – N	S – N
9	43°	O – E	O – E	O – E

A menor declividade verificada nas encostas com ocorrência de voçorocas foi de 14°. A maior declividade foi 44° e média 35°. A maior parte (n=7) das voçorocas encontra-se na declividade superior a 30°.

4.3. Área e volume erodidos

A área de maior abrangência das incisões diz respeito à voçoroca 9 (**QUADRO 04**) que corresponde a um total de 5.529,00 m², e a de menor área refere-se a voçoroca 5, com uma área de 552,00 m², média geral de 2.359,76 m². Tomando como base a área do Distrito Industrial II, onde as incisões estão localizadas, com o valor equivalente há R\$ 79,00/m² para o respectivo bairro, estipulado pela Prefeitura de Manaus, foi possível calcular os danos por área para cada incisão em valores monetários. O maior dano da área refere-se à voçoroca 9, com R\$ 436.791,00 e o menor dano a voçoroca 5 é de R\$ 43.608,00 com danos médios de R\$ 186.421,64. Sendo o dano total de danos por área R\$ 1.677.794,89.

Comparado com os valores das voçorocas cadastradas em 2006 (**ANEXO 4**) verificou-se um aumento de quase 36,21 %, de R\$ 1.231.746,85 para R\$ 1.677.794,89 em 2010 (**QUADRO 4**). Em relação ao total de volume atribuído a cada voçoroca, ou seja, a perda deste volume, devido ao processo erosivo pode-se afirmar que o menor volume corresponde á 6.513,60 m³, atribuído a voçoroca 5. Por outro lado, a voçoroca 9 apresenta o maior volume erodido equivalente á 126.061,20 m³, sendo o volume

médio geral de 48.200,49 m³ (**QUADRO 6**). Para cálculo dos danos por volume foi utilizado o valor do m³ de areia e argila utilizadas na construção civil, sendo o valor médio do m³ de areia de R\$ 40,00 e de argila de R\$ 15,00, o que resultou no valor médio de R\$ 27,50.

Pode-se afirmar, portanto que em 2006 a área total das incisões (**QUADRO 05**) era de 18.120,60 passando para 19.901,00 m² em 2010, o que representa um aumento em torno de 10%. No que se refere ao volume erodido para o mesmo período, ocorreu um aumento de 43,8 %, passando de 301.595,70 m³ para 433.804,45 m³ no ano de 2010.

QUADRO 4 – Dados de área e volume (2010).

Voç.	Área Total * (m²)	Danos da área total (R\$)	Volume total (m³)	Danos/volume total ** (R\$)
1	3.009,40	237.742,60	49.655,10	1.365.515,25
2	903,46	71.373,34	18.701,62	514.294,60
3	3.116,00	246.164,00	52.972,00	1.456.730,00
4	1.216,80	96.127,20	19.468,80	535.392,00
5	552,00	43.608,00	6.513,60	166.980,00
6	1.661,25	131.238,75	18.772,13	516.233,43
7	2.610,00	206.190,00	78.300,00	2.153.250,00
8	2.640,00	208.560,00	63.360,00	1.742.400,00
9	5.529,00	436.791,00	126.061,20	3.466.683,00
Total	21.237,91	1.677.794,89	433.804,45	13.607.417,00

QUADRO 5 – Total de área, volume e danos de área e volume.

	AREA (m²)	DANOS P/ÁREA (R\$)	VOLUME (m³)	DANOS P/VOLUME (R\$)
Total 2006	18.120,60	1.231.746,85	301.595,70	
Total 2009	19.901,00	1.572.179,00	393.536,16	10.822.244,00
Total 2010	21.237,91	1.677.794,80	433.362,85	13.607.417,00

QUADRO 6 - Análise comparativa das voçorocas monitoradas em 2009 e 2010.

Voc.	2009			2010		
	Área (m²)	Volume (m³)	Danos (R\$)	Área (m²)	Volume (m³)	Danos (R\$)
1	2.789,80	44.636,80	1.447.906,20	3.009,40	49.655,10	1.603.257,85
2	826,60	13.225,60	429.005,40	903,46	18.701,62	585.667,94
3	3.040,00	51.680,00	1.661.360,00	3.116,00	52.972,00	1.702.894,00
4	1.120,00	15.232,00	507.360,00	1.216,80	19.468,80	631.519,20
5	552,00	6.513,60	222.732,00	552,00	6.513,60	222.732,00
6	1.504,80	14.596,56	520.284,60	1.661,25	18.772,13	647.472,18
7	2.610,00	78.300,00	2.359.440,00	2.610,00	78.300,00	2.359.440,00
8	2.640,00	63.360,00	1.950.960,00	2.640,00	63.360,00	1.950.960,00
9	4.817,80	105.991,60	3.295.375,20	5.529,00	126.061,20	3.903.474,00
Total	19.901,00	393.536,16	12.394.423,40	21.237,91	433.804,45	13.607.417,00

* Refere-se aos danos relativos a área e volume erodidos. Sendo: área x R\$ 79,00 (valor do m² estipulado pela Prefeitura de Manaus para este bairro em dezembro/2009) somados a volume x R\$ 27,50 (valor médio de 1 m³ da areia (50%) e argila (50%) – Manaus: dezembro/2009).

Portanto, para fazer a reposição do material erodido da menor incisão que é 6.513,60 m³, monitorada em 2010, o custo corresponde a R\$ 179.124,00 em reposição de material. É importante destacar que os valores atribuídos são aproximados, uma vez que esse cálculo serve somente para saber quanto se gastaria para repor o material perdido. Esse cálculo leva em consideração uma proporção de 50% de areia e 50% de argila. Partindo dessa perspectiva o valor total de sedimentos para recompor o total erodido nas 9 voçorocas seria de R\$ 10.822.244,40 em 2009 e de R\$ 13.607.417,00 no último monitoramento, representando um aumento de R\$ 3.534.131,425 entre este período .

Somando os danos por área e volume (recomposição do material erodido) no último monitoramento chega-se ao valor total de R\$ 16.364.473,67 somente para as 9 voçorocas monitoradas neste trabalho. Sendo o maior dano atribuído à voçoroca 9 R\$ 3.466.683,00 e o menor à voçoroca 5 R\$ 166.980,00, média geral de R\$ 1.818.274,852. Levando em consideração somente a área, verifica-se que de 2006 (área) a 2010 (área), houve um aumento de 36,21 %, passando de R\$ 1.231.746,85 para R\$ 1.677.794,89.

4.4 Aumento das incisões e correlação das variáveis

Desse pequeno grupo, 3 voçorocas estão diretamente relacionadas a existência de canaletas (saídas d'água) nas suas respectivas cabeceiras. No caso em particular da voçoroca 9, duas canaletas (**FIGURA 4**) contribuem para a expansão lateral e longitudinal desta incisão.



Figura 4 - Vista em direção a montante da voçoroca 9. Seta vermelha aponta para saída d'água na forma de tubos de 100 mm de diâmetro. Seta amarela aponta para a canaleta. Distrito Industrial 2 – Manaus (AM). 12/09/09

Em segundo monitoramento realizado 9 meses após a primeira ida a campo, com intuito de reconhecer a área e coletar dados em campo, observou-se que algumas voçorocas aumentaram consideravelmente seu tamanho, como é o caso da

voçoroca 1, que aumentou de em termos de comprimento, passando de 74,0 m (setembro/2009) para 82,0 m (junho/2010) (**ANEXO 5**), tendo aumentado também em termos de largura e profundidade.

Em relação aos dados morfométricos obtidos 9 meses após ser realizado o primeiro campo notou-se que houve um significativo aumento das incisões, como pode ser visto a voçoroca 01, impossibilitando inclusive obtenção de dados mais precisos em virtude da dificuldade de acesso na parte que foi erodida indicada pela seta vermelha (**FIGURA 04**). Relacionando os dados do último monitoramento com o primeiro, pode-se afirmar que as voçorocas 01 e 09 foram as que mais cresceram em termos de comprimento, tendo um aumento de 8 m e 5 m, respectivamente. No que diz respeito à largura, as voçorocas que mais cresceram nesse quesito foram as número 06 e 09, aumentando respectivamente 3,3 e 4,3 m. Em termos de profundidade, as que obtiveram os maiores resultados foram as voçorocas 02 e 06, com acréscimo de 4,6 m e 1,6 m, concomitantemente.

Outra discussão importante é o perigo iminente que as voçorocas representam, pois algumas crescem em sentido das vias do tráfego de carros, observando que das nove monitoradas somente 2 não crescem neste sentido, considerando assim a incisão de número 02 a mais próxima das vias de tráfego representando uma distância de apenas 2,70 m em direção a pista. A importância dessas características remete-se, portanto, ao fato de como o aumento das incisões podem interferir na vida da população (danos materiais, tráfego e risco de vida, dentre outros), além dos problemas ambientais relacionados (perda de área e assoreamento, principalmente).

Os dados obtidos por meio das correlações de variáveis indicam que existe uma forte relação entre o comprimento da voçoroca e volume erodido, comprimento e largura (voçoroca), comprimento e área (voçoroca), observando que à medida que um desses fatores aumenta/diminui interfere diretamente no outro. Assim, como a área também se relaciona com o volume e largura (voçoroca), indicando seu nível de relação com tais parâmetros (**ANEXO 6**).

As correlações realizadas entre os dados das encostas e voçorocas apresentaram baixa correlação, indicando, portanto pouca ou nenhuma relação das voçorocas com os parâmetros morfométricos das encostas (declividade, comprimento da encosta, forma de encosta).

5.CONCLUSÃO

As voçorocas monitoradas na Bacia Colônia Antônio Aleixo para esse trabalho apresentam em sua maioria a forma retangular que significa que foram resultantes de grande atividade erosiva. Como resultado desse crescimento tem-se o aumento dos valores relativos aos danos por área e por volume, que ultrapassam os 13 milhões até julho/2010. No caso específico dos danos por volume não foi possível fazer uma comparação com 2006, visto não ter sido contabilizado os danos por volume. Ainda assim, percebeu-se um aumento do volume erodido de 301.595,70 em 2006 para 433.804, 45 em 2010, um volume médio/anual erodido em torno de 4.474,25, entre os anos de 2009 e 2010, para esse grupo de voçorocas. Outro ponto importante, o maior dano da área refere-se à voçoroca 9, com R\$ 436.791,00 e o menor dano a voçoroca 5 é de R\$ 43.608,00 com danos médios de R\$ 186.421,64. Sendo o dano total de danos por área R\$ 1.677.794,89. Comparado com os valores relativos ao aumento da incisão das voçorocas cadastradas em 2006 observou-se um aumento de quase 36,21 %, de R\$ 1.231.746,85 para R\$ 1.677.794,89 em 2010. Pode-se afirmar, portanto que em 2006 a área total das incisões era de 18.120,60 passando para 19.901,00 m² em 2010, o que representa um aumento em torno de 10%.

Assim, pelas características de evolução dessas incisões nas encostas localizadas nessa bacia pode-se apontar uma relação direta com o sistema de drenagem, visto que as correlações não foram significativas para os parâmetros das encostas comparados com as voçorocas. Por outro lado, não se pode excluir por completo a relação entre o relevo e o surgimento e expansão dessas incisões em Manaus, pois conforme descreve Vieira (2008) na porção leste da cidade o relevo refere-se ao maior grau de dissecamento, onde se verificam encostas com grande declividade, curtas, vales encaixados, platôs mais estreitos e as maiores cotas altimétricas da cidade, justificando assim a maior incidência de voçorocas nessa área. Desta forma, uma voçoroca do tipo conectada que inicia sua expansão na base da encosta aumenta de tamanho mais rapidamente à medida que alcança a porção central. Ao passo que esse crescimento é retardado quanto mais próximo a incisão estiver do topo. Portanto, a análise qualitativa aponta uma forte relação entre a morfometria da encosta e o surgimento e expansão de voçorocas na bacia da Colônia Antônio Aleixo em Manaus (AM), diferente da análise estatística (quantitativa).

AGRADECIMENTOS:

Agradecemos à UFAM, ao Laboratório de Geografia Física - LAGEF, ao Grupo de Pesquisa *Geografia Física da Amazônia*, ao CNPq pela concessão de bolsas.

6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA:

AGUIAR, F. E. O. **As alterações climáticas em Manaus no século XX.** (Dissertação de Mestrado). Rio de Janeiro. UFRJ: Instituto de Geociências: Departamento de Geografia, 1995. 182 p.

BIGARELLA, J.J. e MAZUCHOWSKI, J.Z. Visão integrada da problemática da erosão. **In: 3o Simpósio Nacional de Controle de Erosão.** (Livro Guia). Maringá: ABGE/ADEA, 1985. 331 p.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. **In: GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B. da. Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. p.93-148.

CUNHA, M.A. (Coord.); FARAH, F.; CERRI, L.E.S.; GOMES, L.A.; GALVÊZ, M.L.; BITAR, O.Y.; AUGUSTO FILHO, O. e SILVA, W.S. da. **Ocupação de Encostas.** São Paulo: IPT, 1991. 216 .

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** São Paulo: Edgard Blücher, 1981. 149p.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. **La erosion del suelo por el agua: algunas medidas para combatirla en las tierras de cultivo.** Roma: FAO, 1967. 207 p.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. **In: GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B. da. Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. p.149-209

IMPLURB - Instituto Municipal de Planejamento Urbano. **Mapa topográfico de Manaus.** Escala 1:10.000. Curvas de Nível com equidistância de 5 m. Prefeitura Municipal de Manaus. IMPLURB, 2006. (formato digital).

MOLINARI, Deivison Carvalho. **Dinâmica erosiva em cicatrizes de movimento de massa - Presidente Figueiredo (Amazonas).** Florianópolis: UFSC/PPGG, 2007.168 p.

MORGAN, R.P.C. **Soil erosion and conservation.** Longman Group. Inglaterra, 1986. 298p.

OLIVEIRA, Marcelo Accioly Teixeira de. **Slope geometry and gully erosion development: Bananal, São Paulo, Brazil.** Berlim: Z. Geomorph. N. F., 1989.

ROSS, J.L.S. Fundamentos da Geografia da Natureza. **In: _____ (org.). Geografia do Brasil.** São Paulo: EDUSP, 2000. p. 13-65

RUHE, R.V. **Geomorphology: Geomorphic processes and surficial geology.** Boston: Houghton Mifflin, 1975. 219p.

SCHULTZ, L.A. **Métodos de conservação do solo.** Porto Alegre: Sagra, 1983. 76 p.

PMM – Prefeitura Municipal de Manaus. Valores básicos dos bairros em R\$. Disponível em: <http://www.pmm.am.gov.br/secretarias/procuradoria>. Acesso em: 25/01/10.

VIEIRA, A, F. G. **Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus (AM): fatores controladores e impactos urbano-ambientais.** (Tese de Doutorado). Florianópolis: UFSC/PPGG, 2008. 223p.

_____. Voçorocas e outras feições. In: **REBELLO, A. Contribuições Teórico-metodológicas da Geografia Física**. Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2010. p.41-65

VIEIRA, A.F.G.; ALBUQUERQUE, A.R..C. Cadastramento de voçorocas e análise do risco erosivo em estradas: BR -174 (Trecho Manaus-Presidente Figueiredo). In: **V Simpósio Nacional de Geomorfologia e I Encontro Sul-Americano de Geomorfologia**. Santa Maria: UFSM, 2004.

7. Cronograma de Atividades

Nº	Descrição	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
		2009					2010						
1	Revisão e fundamentação teórica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
2	Cadastramento e caracterização das voçorocas	X	X			X	X			X	X		
3	Monitoramento das voçorocas		X									X	
4	Estimar os danos e custos de contenção			X				X				X	
5	Previsão de risco de danos a pista											X	
6	Identificação das principais causas										X		
7	Produção de gráficos, tabelas e mapas representativos									X	X	X	
8	Análise dos dados coletados				X				X	X	X	X	
9	Elaboração do Relatório Parcial					X	X						
10	Elaboração do Resumo e Relatório Final											X	X
11	Preparação da Apresentação Final para o Congresso												X

ANEXO – 01

Morfometria das voçorocas em 2006 e forma da encosta (VIEIRA, 2008).

Voc.	Tipo de Voc.	Forma da Voc.	Forma da encosta	Comp. (m)	Larg. (m)	Prof. (m)
1	Conectada	Retangular	Convexa/Convexa	70,0	26,5	16,0
2	Desconectada	Retangular	Talude	40,5	19,7	15,8
3	Conectada	Retangular	Côncava/Côncava	80,0	38,0	17,0
4	Conectada	Retangular	Convexa/Convexa	40,0	28,8	14,7
5	Conectada	Retangular	Convexa/Convexa	50,0	18,0	12,0
6	Conectada	Ramificada	Convexa/Convexa	44,0	19,0	7,4
7	Integrada	Retangular	Convexa/Convexa	47,0	40,0	30,8
8	Integrada	Retangular	Convexa/Convexa	37,0	23,5	23,0
9	Conectada	Retangular	Convexa/Convexa	74,0	43,9	22,5

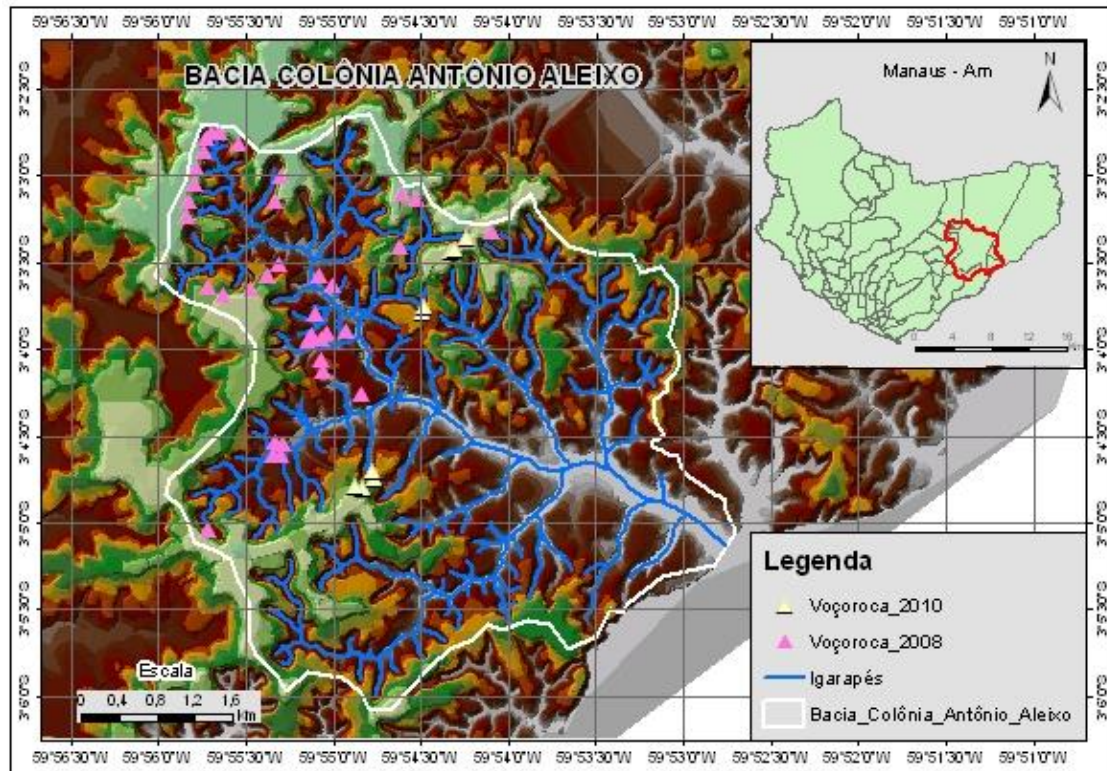
ANEXO – 02

Morfometria das voçorocas em 2009 e forma da encosta.

Voc.	Tipo da Voc.	Forma da Voc.	Forma da encosta	Comp. (m)	Larg.(m)	Prof.(m)
1	Conectada	Retangular	Convexa/Convexa	74,0	33,7	16,0
2	Conectada	Retangular	Talude	45,4	19,0	16,0
3	Conectada	Retangular	Talude	80,0	38,0	17,0
4	Conectada	Retangular	Côncava/Convexa	44, 8	25,0	13,6
5	Integrada	Retangular	Convexa/Convexa	30,0	18,4	11,8
6	Conectada	Bifurcada	Convexa/Convexa	44,0	34,2	9,7
7	Integrada	Retangular	Convexa/Côncava	60,0	43,5	30,0
8	Integrada	Bifurcada	Convexa/Côncava	40,0	66,0	24,0
9	Integrada	Retangular	Convexa/Convexa	109,0	44,2	22,0

ANEXO – 03

Localização das voçorocas da Bacia Colônia Antônio Aleixo. Manaus / AM.



ANEXO – 04

Análise das voçorocas monitoradas em 2006.

*Em 2006 foram contabilizados apenas os danos por área, ficando de fora os danos por m³.

Voc.	2006		
	Área (m ²)	Volume (m ³)	Danos* (R\$)
1	1.855,00	53.424,00	127.160,25
2	797,90	11.010,30	54.692,62
3	4.560,00	77.520,00	312.588,00
4	1.454,40	21.379,70	99.699,12
5	1.710,00	20.520,00	117.220,50
6	988,00	34.160,00	57.307,80
7	2.566,20	4.614,30	175.913,01
8	943,50	77.100,60	64.676,93

9	3.245,60	1.866,80	222.488,62
Total	18.120,60	301.595,70	1.231.746,85

ANEXO – 05



Figura 05. Voçoroca 01. 09.06.10

ANEXO -06

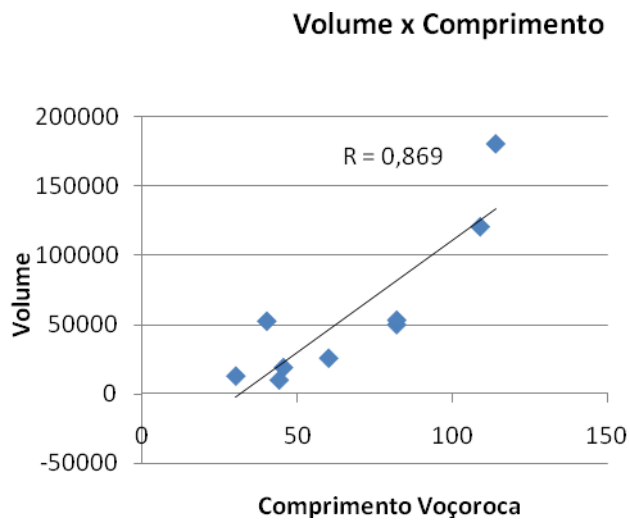


Gráfico 01. Correlação entre volume erodido e comprimento da voçoroca.

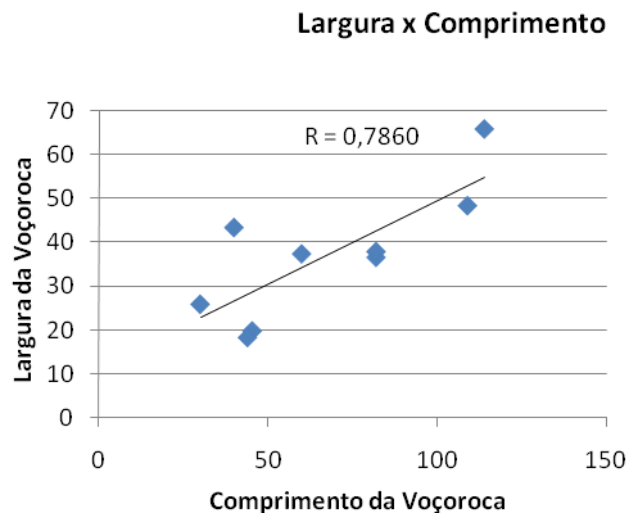


Gráfico 02. Correlação entre largura e comprimento da voçoroca.

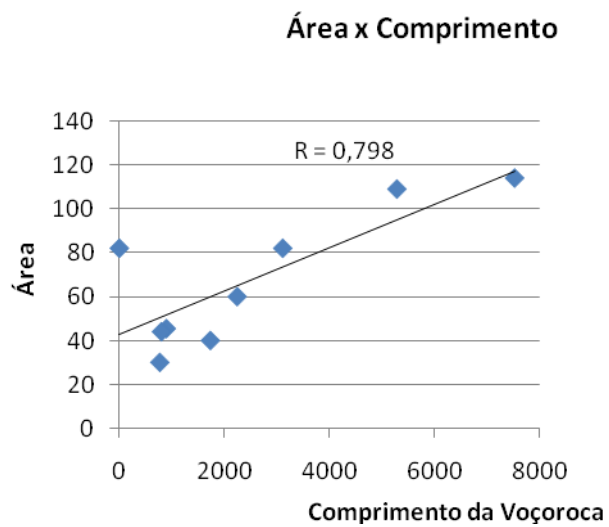


Gráfico 03. Correlação entre área erodida e comprimento.

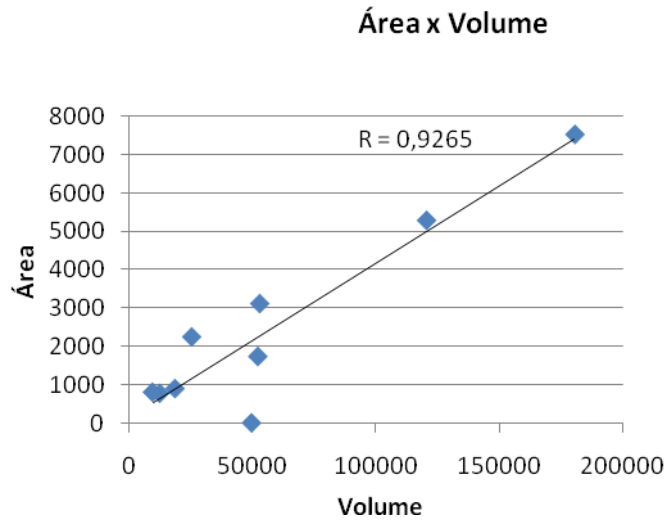


Gráfico 04. Correlação entre área e volume erodido da voçoroca.

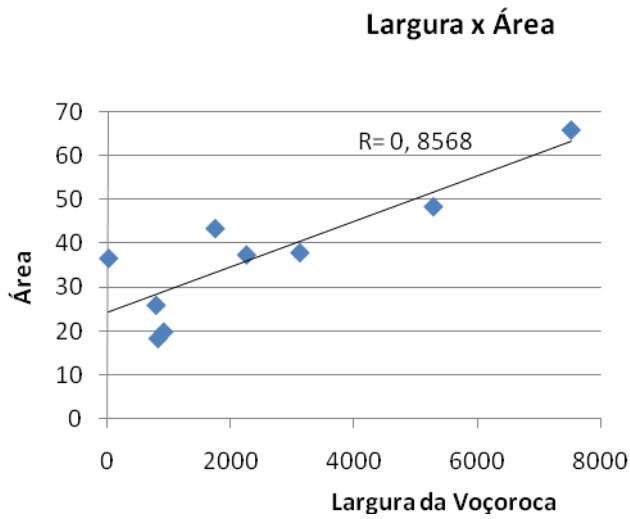


Gráfico 5. Correlação entre largura e área da voçoroca.